

УДК 000.621

Омельченко В.О. студент гр. ПБз-71мп, Омельченко С.С. студентка гр. ПБз-71мп, к.т.н., доц. Клочко Т.Р.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

БАГАТОКАНАЛЬНИЙ АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ПУЛЬСУ ПАЦІЄНТА ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Анотація. Наведено основні проблеми, пов'язані з необхідністю розробки індивідуальних портативних систем моніторингу стану здоров'я людини. Запропоновано засади дії автоматизованого комплексу аналізу даних, отриманих з портативного пристрою моніторингу параметрів пульсу пацієнта, та структурну схему такого пристрою.

Ключові слова: моніторинг параметрів пульсу, пристрій реєстрації, автоматизований комплекс.

ВСТУП. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Актуальною проблемою сучасної медицини є контроль стану людини, зокрема параметрів серцево-судинної системи, оскільки є низка галузей промисловості, де діяльність людини має критичні наслідки. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я захворювання серцево-судинної системи посідає перше місце серед причин смертності, більше 9 мільйонів смертей у 2015 році, ці показники зростають приблизно до 25 мільйонів до 2030 року. Цим викликана необхідність дослідження даного питання. Одним із параметрів серцево-судинної системи, на який слід звернути увагу, є пульс. Аналізуючи параметри пульсу, можна зробити висновки про поточний стан пацієнта та можливі відхилення від нормального функціонування.

Наразі перехід від стаціонарного професійного клінічного обладнання до індивідуальних портативних систем моніторингу стану здоров'я набуває значної популярності. З метою зняття навантаження на систему охорони здоров'я та необхідності самоконтролю стану організму багато галузей біомедичної інженерії роблять акцент на розробці портативних на простих у використанні пристроїв для швидкої та точної попередньої діагностики захворювань. Традиційні пристрої досить громіздкі, а тому пацієнту зазвичай потрібно звертатись до клініки кожного разу, коли виникає необхідність у перевірці стану здоров'я навіть при незначному дискомфорті, що є досить незручним особливо для пацієнтів з хронічними захворюваннями та людям з обмеженими можливостями.

Все частіше в біомедичних приладах використовуються бездротові технології, а також принципи мініатюризації розмірів пристроїв реєстрації даних від пацієнта. Для вирішення проблем із захворюванням серцево-судинної системи (ССЗ) розроблено багато пристроїв, які здатні забезпечити негайну та своєчасну підтримку для більшості пацієнтів на дому. Електрокардіографія (ЕКГ) є стандартною процедурою діагностики ССЗ, тому дуже важлива розробка мініатюрних пристроїв для самооцінки та моніторингу стану пацієнтів із ССЗ даним методом. Можна чітко оцінити стан серцевої діяльності, вимірюючи варіабельність серцевого ритму. Однак вимірювання ЕКГ є непростю задачею для людини без професійного досвіду, не кажучи вже про довгостроковий моніторинг. Хоча метод фотоплетізмографії або PPG

(photoplethysmography) є менш інформативним та точним у порівнянні із ЕКГ, він є дієвим методом для непрофесійного і щоденного моніторингу серцево-судинної системи. Завдяки зручності знаття даних метод PPG є більш прийнятний для широкої публіки (зазвичай датчик фіксується на пальці або мочці вуха). Це один із неінвазійних методів вимірювання значення зміни об'єму крові в кров'яних сосудах. Загалом PPG датчик зручно використовувати для довготривалого моніторингу і може відстежувати декілька параметрів серцево-судинної системи такі як: частоту серцевих ритмів, рівень кисню в крові, частоту дихання.

Отже, метою роботи є створення засад дії багатоканального комплексу моніторингу на основі портативного пристрою реєстрації параметрів пульсу.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПУБЛІКАЦІЙ

Пристрій, запропонований у роботі [1], є комбінований, портативний пристрій для зняття та запису даних з ЕКГ та фотоплітесмографу, має окремий блок для одночасного зчитування даних, їх первинної обробки та зберігання для подальшого аналізу. Пристрій працює і в online, і в offline режимі. З'єднання із датчика дротове та можливе записування з декількох каналів ЕКГ. Пристрій для заміру параметрів пульсу використовує камеру та вбудовану LED (led emitting diode) смартфону та без підсвітки [2]. Досліди показали, що спектр LED випромінювання варіюється від однієї моделі смартфону до іншої, незмінним залишається лише червоний спектр. Розроблений та протестований спеціальний алгоритм виділення випромінювання у зеленому діапазоні спектру LED. Розроблено принцип та алгоритм отримання даних не використовуючи LED підсвітку. У даному дослідженні існують певні обмеження стосовно модельного ряду смартфонів, для котрих було проведено тестування та калібрування розробленої програми. У роботі [3] представлена стаціонарна система одночасного збору та аналізу даних із фотоплітесмографу та ЕКГ. Система працює у парі з персональним комп'ютером, данні отримуються та оброблюються в програмі LabView, в середовищі якого було розроблено спеціальну програму для фільтрації та зберігання сигналу. В подальшому використовується ANN (artificial neural network) мережа для машинної діагностики.

Виходячи з огляду існуючих пристроїв, нами було прийнято рішення розробити систему, в яку входять портативний бездротовий пристрій для збору та передачі даних з оптичного датчику, смартфону із зручними та інтуїтивним інтерфейсом і серверної частини для фінальних обчислень та аналізу отриманих даних.

ПРИНЦИП ДІЇ ПРИСТРОЮ РЕЄСТРАЦІЇ

Загальна блок-схема пристрою представлена на рисунку 1. Система складається з двох загальних частин: детектор імпульсів пульсу та інтерфейсу взаємодії із людиною. Детектор імпульсів складається із автономного пристрою, у складі якого є оптичний модуль для виявлення PPG, модуль підсилення та фільтрації аналогового сигналу, MCU (microcontroller

unit) для оцифровки сигналу його первинної обробки і підготовки до відправлення та радіочастотного модулю, працюючого по технології BLE (Bluetooth Low Energy). Структурна схема інтерфейсу взаємодії з людиною складається з: радіочастотного модулю – приймача, серверного комп'ютеру та Android пристрою. Данні від PPG надходять на Android пристрій по каналу BLE, далі пристрій по каналу GSM (Global System for Mobile communications) передає данні для обробки на сервер. Серверна частина виконує основний математичний апарат, який проводить обробку та аналіз отриманих даних, у той же час сервер робить логування даних для подальшого глибокого аналізу. Серверна частина аналізує отримані дані штучною нейронною мережею, яка дозволяє набагато краще класифікувати дані, ніж звичайний лінійний метод. Мережа буде опрацьовувати певний набір параметрів пульсу, які мають вплив на постановку діагнозу, вона буде ухвалювати рішення, ґрунтуючись на попередньо отриманих даних пульсу для випадків здорового стану та стану з деякими відхиленнями притаманними певній групі серцево-судинних захворювань. Оброблена інформація та результати надсилаються назад на Android пристрій для подальших дій користувача. В майбутньому роль розрахунково-аналізуючого модулю буде виконувати апаратна частина мобільного пристрою. В якості математичного аналізу отриманого сигналу буде використовуватись віконне перетворення Фур'є, що дозволить детально аналізувати спектральну картину пульсу в певний момент часу, та відслідковувати раптові та неперіодичні зміни в формі імпульсу.

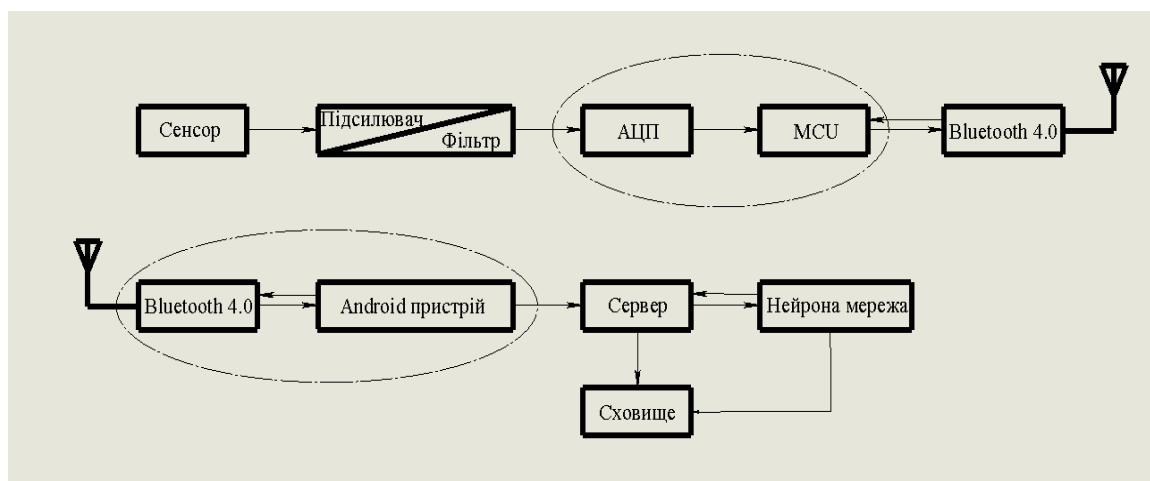


Рис. 1. Загальна блок-схема пристрою

Запропоновано конструкцію для фіксування оптичного датчика на пальці. Вона буде складатися із оптичного датчика, який фіксується на пальці за допомогою хомута із тканини з наліпками. Датчик буде з'єднаний проводами із модулем MCU, провідники прокладаються у верхній частині рукавички яка буде захищати його від пошкоджень. Модуль MCU буде кріпитись на зап'ясті руки.

ВИСНОВКИ

У даній роботі запропоновано портативний пристрій моніторингу серцевого ритму та рівня насичення киснем крові. Для мінімізації розмірів системи, було ретельно підібрано апаратні компоненти із декількома функціональними модулями на одному чипі. Передача даних відбувається по бездротовому каналу з низьким енергоспоживанням BLE. Також розроблено надійний алгоритм детектування хвиль.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку конструкції портативного пристрою та алгоритм роботи автоматизованого комплексу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Andritoi, D., David, V., & Ciorap, R. (2014). An portable device for ECG and photoplethysmographic signal acquisition. 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE).
2. Yuriy Kurylyak, Francesco Lamonaca and Domenico Grimaldi «Smartphone-Based Photoplethysmogram Measurement» Department of Electronics, Computer and System Sciences, University of Calabria, Rende – CS, Italy; 2012.
3. Rundo, F., Conoci, S., Ortis, A., & Battiato, S. (2018). An Advanced Bio-Inspired PhotoPlethysmoGraphy (PPG) and ECG Pattern Recognition System for Medical Assessment. *Sensors*, 18(2), 405.
4. D. Komorowski, A. Malcher, S. Pietraszek, “Hybrid system of ecg signal acquisition and QRS complexes detection for special medical devices synchronization”, *journal of Medical Informatics & Technologies* Vol. 22/2013, ISSN 1642-6037, pp.227-234.
5. V. Gay and P. Leijdekkers. A health monitoring system using smart phones and wearable sensors. *International Journal of ARM*, 8(2):29–35, 2007.
6. Dutt, D.N.; Shruthi, S. Digital processing of ECG and PPG signals for study of arterial parameters for cardiovascular risk assessment. In *Proceedings of the International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)*, Melmaruvathur, India, 2–4 April 2015; pp. 1506–1510.
7. K. I. Wong, “Design and experimentation of wearable body sensors,” pp. 273–288, *Rapid Prototyping Technology - Principles and Functional Requirements*, Dr. M. Hoque (Ed.), Intech, 2011.

Науковий керівник: доцент, кандидат технічних наук Клочко Т.Р.